核能簡訊 86

中華民國九十三年一月號

雙月刊

迎春

核能簡訊



核能簡訊雙月刊
第 86 期
一月二十日出刊

出版單位／中華民國核能學會
財團法人核能資訊中心
地　　址／新竹市光復路二段一〇一號
研發大樓一樓
電　　話／(03) 5711808
傳　　真／(03) 5725461
網　　址／http://www.ess.nthu.edu.tw/~nicenter
E-mail／nicenter @ inn.cc.nthu.edu.tw
發 行 人／郭鑽強

主　　編／喻冀平
文　　編／鍾玉娟、翁明琪
美　　編／孫秀琴
編 印 者／信誠廣告事業有限公司
地　　址／台北市基隆路二段23號7樓之6

行政院新聞局出版事業登記號
局版臺誌字第 851 號
中華郵政中台字第 0797 號
執照登記為雜誌交寄

編者的話

低放射性廢棄物處置設施的主要目標，就是將低放射性廢棄物與生活環境隔離，直到廢棄物裡的放射性核種衰弱至不具任何威脅性。而自1960年代即已進行淺地層掩埋低放射性廢棄物的美國，數十年來累積了無數的寶貴經驗，值得我們借鏡。

近年來，由於台灣的產業發展，漸漸引進國外的品質要求規範與標準作業流程，以監控產品的品質；而不容有任何差池的核四廠除了縝密小心的規範，層層檢驗與查核的手續更是繁雜。這一切，核四廠的工作人員無怨無悔，只希望帶給民眾一個安全無虞的用電環境。

「核四必須公投嗎」？這是許多台灣民眾心中共同的疑問。而諮詢性的公投又有多少實質上的效用呢？民主時代徵詢全民意願是值得稱許的，但前提應是全民都需清楚的瞭解其所表決事件的真相始末與後果影響。



國內新聞

◆ 陳水扁總統向達悟族人保證民國92年底解決蘭嶼放射性廢棄物的承諾確定跳票了！經濟部和原子能委員會視爲兌現阿扁政治承諾的指標性法案「低放射性廢棄物最終處置設施場址選定條例」草案未能如期在去年底通過三讀，導致政府再度對達悟族失信。

（2004.01.05.中國時報）

◆ 行政院原子能委員會副主委陳國誠昨天駕車經嘉義縣義布公路時，發生車禍意外身亡。

（2004.01.21.聯合報）

◆ 繼輻射鋼筋後，國內又出現輻射水泥！原子能委員會昨日證實，中鋼本月初發生射源誤熔事件，其生產的礦泥中偵測發現銫137，排水渠道水樣也含有微量銫137。這批輻射礦泥並透過中聯爐石公司出售到多家水泥公司做爲水泥拌合原料，原能會正積極查封污染礦泥，並追查是否有「輻射水泥」流落市面。目前原能會初判，這是一起輕微輻射污染事件。

（2003.12.18.中國時報）

◆ 如果人類持續目前的經濟發展模式，二氧化碳等溫室氣體的排放也逐年成長，台灣在百年之內，就會因氣溫提高、海平面上升，導致被譽爲台灣國寶的檜木林減少六成，鹿角珊瑚消失，超過1/3的黑面琵鷺棲地被海水淹沒的生態大浩劫！且如此浩劫最快可能在2070年發生，這一代的台灣人都有可能親眼目睹。

（2003.12.17.民生報）

◆ 流失的福隆、鹽寮「黃金沙灘」又回復了！儘管部分反核人士堅稱「沙灘回不來」，但是沙灘回復的事實卻擺在大家眼前，不信都不行。去年這個黃金沙灘明顯出現流失，當時反核團體一口咬定，核四廠重件碼頭的「突堤效應」是元兇。

沙灘流失的主要原因，是去年雷馬遜、辛樂克颱風在東北角掀起巨浪，將沙灘的沙沖走；其次是雙溪整治，上游興建攔砂壩，加上自來水公司在抽取河水，導致雙溪河水帶下來的沙量遽減，無法完全填補沙灘的流失量。

今年沙灘得以回復的原因，除了颱風少外，雙溪在靠近河口處的河岸發生崩塌，大量的沙土落入雙溪，讓填補的沙量增加了。台電希望政府不要下令拆除重件碼頭，因爲重件碼頭內還有核四廠的取水口設施，如果拆除，核四廠根本無法運轉。

（2003.12.07.聯合晚報）

◆ 在德國紅綠政府催生下的「廢核案」通過3年後，11月14日星期五，終於到了歷史性的一天，第一座核能電廠正式關門大吉。從此，按照時間表計畫，其他18家核能電廠將陸續步上後塵。

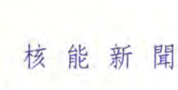
（2003.11.14.中國時報）

國外新聞

美國

◎ 電力公司尋求新核能電廠的興建許可

美國的艾塞隆電力公司（Exelon Generation）和多明尼恩電力公司（Dominion Energy）兩家電力公司，日前分別向核能管



制委員會提出在伊利諾州的柯林頓和維吉尼亞州的北安那（North Anna）興建新核能電廠的早期廠址許可。這兩個地點目前都已經有反應器在運轉。這兩個許可案的申請，緊接在恩特基（Entergy）核能電力公司爲該公司位於密西西比州的葛藍德高爾夫（Grand Gulf）興建新電廠所提出的申請案之後。這3家公司都是在能源部的支持之下，展開新一代反應器的布署工作。在美國，早期廠址許可是新核能電廠發照程序中最關鍵的一個步驟，它可以使廠址得以在執照通過之前先核准進行開發，以減少正式完工所需的時間。目前已經有3部進步型反應器設計案取得核管會的設計認證程序中的預先許可部分（另有4個案子正在審查中），而這3件廠址許可的申請就是針對它們而發的。預計核管會對這3個廠址的決定將會在2005年完成。

◎ 執照更新與升格

美國核管會日前同意更新FPL公司的聖路西（St Lucie）核能電廠的運轉執照，將該廠的兩座機組的運轉年限延長到2036與2043年。接著，核管會也更新了歐瑪哈（Omaha）公共電力公司旗下位於內布拉斯加州、裝置容量 476 百萬瓦電的福特卡爾洪（Fort Calhoun）核能電廠的運轉執照，使之得以再繼續運轉20年，直到2033年。此舉使得美國延長20年運轉期限的反應器數目達到19座。

核管會同時也批准亞利桑那的帕羅佛迪（Palo Verde）2號反應器提升55百萬瓦電的容量，達到1325百萬瓦電，以及南方核能公司的愛德溫哈奇（Edwin Hatch）雙機組電廠提高容量37百萬瓦電到1885百萬瓦電。這些案子都將會在12月底完成手續。

歐洲

◎ 德國關閉一座反應器

如同3年多前就已經預告過一樣，德國依昂（E-ON）電力公司所屬的，容量630百萬瓦電的斯戴德（Stade）核能電廠爲除役業已關閉了。這座壓水式反應器是在1972年啓用的，是德國目前19座反應器中規模次小、年壽次老，同時也是經營上經濟性最低的機組。該反應器的關閉，讓德國聯合政府裡的反核人士額手稱慶，不過這和該國計畫中的淘汰核電政策並無直接關係。依照德國政府在2002年年中通過的核能淘汰政策，德國的重要核能電廠將在15年後漸次關閉。此外，如同2002年時所宣布的，EnBW電力公司的一座容量340百萬瓦電反應器，也將在2005年關閉。它是德國容量最小、年紀也最大（1969年啓用）的機組。

德國重要的電力公司，瓦騰福歐洲（Vattenfall Europe）AG公司的主席曾經指出，德國需要投資500億歐元在其電力部門上。然而，由於外界對煤與核能的觀感偏向負面，因此他認爲：「德國已經漸漸變成一個超級田野實驗場，只專注於提倡以意識型態爲動機、片面鼓吹特定能源資源，而完全不從效率面來進行考量的國度。」

◎ 義大利大停電凸顯其脆弱性

一場幾乎影響義大利全國5700萬人的大停電，顯示了該國在能源方面的脆弱性。由於輸電線故障，切斷了從法國輸入僅僅6000百萬瓦電的電力，就使得該國電網發生了更廣泛的故障。義大利進口電力占總需求的17%，大多數都是法國的核電，因爲它的價錢比義大利自產的電力更便宜，而且公眾意見向來反對興建新電廠與新輸電線路。



目前，民意正在改變，而該國的Enel電力公司也已經入股法國的核能電廠，並且準備重新啓用1987年時因政府決策而關閉的兩座反應器。這兩座反應器可能會在18個月裡重新併聯發電，它們分別是容量260百萬瓦電的特瑞諾（Trino）壓水式反應器（已經運轉22年）以及容量860百萬瓦電的卡歐索（Caorso）沸水式反應器（只運轉6年）。

◎ 義大利計畫成立國家廢棄物處置場

義大利政府日前宣布，該國將要成立一座低放射性以及中放射性廢棄物處置場，地點則是南巴斯利卡塔省一處地質穩定的鹽礦礦坑內，不過這個地點已因爲當地民眾抗爭而又宣布取消。計畫中的處置場將可以容納80000立方公尺的廢棄物，包括除役後所產生的廢棄物，從2009年起還將存放350噸的用過核子燃料，作爲國家的優先順序。該國國營的索根（Sogin）集團將會負責處置場的興建與營運事宜，並且成爲義大利國有的處置場。目前該國的廢棄物散放在全國200個不同場地裡。

◎ 捷克能源政策的辯論

核能發電占捷克總電量的1/4，該國進行首次全國性的未來在2003年的能源政策辯論，鼓勵提出不同的意見。該國的能源政策目標包括能源自主性、可靠性、安全性與環境保護。該國的貿易與工業部傾向於多興建2或3座核子反應器，使得核電比例拉高到42-45%，並大幅縮減燃煤電廠所占的比例，而再生能發電則維持在10%。

根據一項環境評估，核能發電「是所有考慮中的能源資源中對環境影響最低的一種」。環境部對此的回應是：該部傾向於稍微降低溫室氣體的排放量，不過希望再生能所占比例能夠達到20%，而核能則降低到31%。不管是那一種方案，褐煤的使用都被大幅壓低。

該國新的核電機組可能會興建在泰米林（Temelin），原先認爲這裡將會興建一座4機組的核能電廠，而歐洲壓水式反應器（EPR）是最具優勢的可能候選者。奧地利對新電廠計畫在靠近泰米林地區興建曾經表達抗議。

不過，雖然奧地利在25年前曾經僅以50.47%的多數公投放棄該國第一座核能電廠的興建，但從目前奧國進口的電力來看，該國所使用的電力，還是有15%是透過核能生產出來的。更甚者，有人抱怨該國的低成本意味著能源效率措施對產業界缺少吸引力。

亞洲

◎ 日本將開始新反應器的興建

北海道（Hokkaido）電力公司已在日前獲得經濟通商產業省的許可，將展開泊（Tamari）3號核子機組的興建。這部機組容量912百萬瓦電，爲一壓水式反應器。初期的許可程序早在1998年就已開始進行，隨後就展開了挖土工程。該機組預計將在2009年進行商業運轉。

◎ 日本新的稽查審核團體

在發生過幾次對核能電廠進行檢查與報告上的錯誤之後，日本成立了一個新的稽查單位。新的「日本核能安全組織」（JNES）顯然將接管屬於經濟通商產業省、本來是核安守衛者，但目前已經失去公信力的「核能與工業安全局」（NISA）的業務。日本最近修改了法令，讓電力公司定期進行檢查成爲法定的例行事務，而JNES將確保各公司會



確實妥善執行這些檢查工作。此外，該組織也會介入新電廠運轉前的檢驗工作。

◎ 中國大陸準備進行新反應器的招標

雖然中國大陸國家核工業集團（CNNC）目前並未明確表示將在此一階段中購買更多的加拿大Candu反應器，但該集團已經宣布，他們將邀請外國公司來華，以便針對新的4座容量1000百萬瓦電反應器展開招標作業。其中兩座位於浙江省的三門灣，靠近秦山電廠；另外兩座反應器則位於廣東省的嶺東，靠近嶺澳電廠。這4座反應器預計於2005年開始興建。這4座反應器可能都是壓水式的機型。

西屋可能以其AP 1000型競標（該機型屆時應該已經取得美國的設計認證）；法馬通公司可能會以嶺澳電廠機型爲基礎提出設計，但也可能是以容量更大的法國N4型反應器的升級版來角逐；俄國的Atomstroyexport可能會用目前在江蘇連雲港的田灣核能電廠中即將完工的VVER-91型來競標，這型的反應器擁有西方的安全特性與控制系統。南韓也可能會加入此一戰局。由中國大陸本國設計並建造、容量610百萬瓦電的秦山3號機組，預計將在2004年年中啓用。它與秦山2號是攣生機組，都是由秦山1號機擴大而來的。位於江蘇田灣核能電廠的兩座俄國VVER-91型反應器的第一座，也可能會在明年啓用。

◎ 北韓核子計畫中止

由於北韓未能遵守非核擴散的條件，朝鮮半島能源發展組織（KEDO）宣布，將中止在北韓興建兩座發電用輕水反應器的計畫，爲期一年，而反應器位於Kumho的廠址將會受到妥善保管與維護，不過美國方面建議這次的中止應該是永久性的。KEDO是在1994年由美國、南韓、日本與歐盟共同發起的，其70%的經費來自於南韓。南韓第一座KSNP（朝鮮標準型核子反應器）目前已經完工一半。

◎ 加拿大：與中國大陸的核子合作

加拿大原子能公司（ACEL）日前與中國大陸國家核工業集團簽訂協議，以利雙方繼續進行核子方面的合作。除了繼續爲秦山電廠最近完成的兩座700百萬瓦電的重氫鈾（Candu-6）型反應器提供技術支援外，這份協議也包括評估使用Candu反應器來利用輕水反應器的用過核子燃料以及釷的潛在可能性，此外還包括協助Candu技術在東亞的推銷等議題。

澳洲

◎ ANSTO裝運用過核子燃料

澳大利亞核子科學與技術組織（ANSTO）日前從其位於盧卡斯亥斯（Lucas Heights）的研究用反應器裝運了344件用過核子燃料，準備送往法國的科吉瑪（Cogema）進行再處理。

每個燃料件都是由283公克的高濃縮鈾製成的。這是該組織第6次的用過核子燃料裝運，總共送出了數個28噸的B型桶。這些數字表示在過去9年來，透過該反應器產的營運，共有將近400萬個病人得到核子醫學的治療，還不包括其他的用途。

（以上新聞譯自澳洲UIC。因本刊篇幅有限，部分國外新聞將在網站中刊登，網址：http://ess.nthu.edu.tw/~nicenter）

美國現存低放射性廢棄物處置設施的寶貴經驗

編輯室

美國自1960年代早期已經在淺地掩埋設施處置低放射性廢棄物。這些設施已受監測，並獲得各種不同的場址、設計和運作，選擇如何影響設施符合低放射性廢棄物處置目標能力的經驗。這些經驗已經提供未來低放射性廢棄物處置設施設計、施工、運作的評估訊息，大多數的訊息已經合併至低放射性廢棄物處置的管理規定 (聯邦法規第10篇第61章)。以下內容是從中獲得的經驗。

過去和現在的處置設施

在美國已經有6個商業性的低放射性廢棄物處置設施在運作。這些設施位於貝蒂（Beatty），內華達州；麥克希弗萊特（Maxey Flats），肯塔基州；西谷（West Valley），紐約；瑞其藍德（Richland），華盛頓州；雪菲爾德（Sheffield），伊利諾州和邦威爾（Barnwell），南卡羅萊那州。這些場址的位置在圖1中顯示。只有華盛頓州的瑞其藍德和南卡羅萊那州的邦威爾場址現在仍開放。貝蒂場址在1992年底關閉，另外3個場址在1975年到1978年之間關閉。所有6個場址都是在開鑿的壕溝裡淺地層掩埋。

從建造第一個設施所學習到的經驗用來改良最後一個設施－邦威爾的設計與操作。未來，其他種類的處置設施，例如地面



圖1.美國低放射性廢棄物處置設施

上的地窖，地面下的地窖和泥土築堤的混凝土坑洞有可能提供目前土地掩埋技術的進一步改良。

低放射性廢棄物處置設施的主要目標是將公眾和環境與低放射性廢棄物隔離，直到廢棄物裡的放射性核種 (放射性原子) 衰變成可被忽略的危害。當要隔離土地上處置設施的低放射性廢棄物時，有兩個根本的重點必須提出。第一件是隔離水與廢棄物或水文的隔絕；其次是避免來自處置設施放射性核種的運動或放射性核種的遷移。

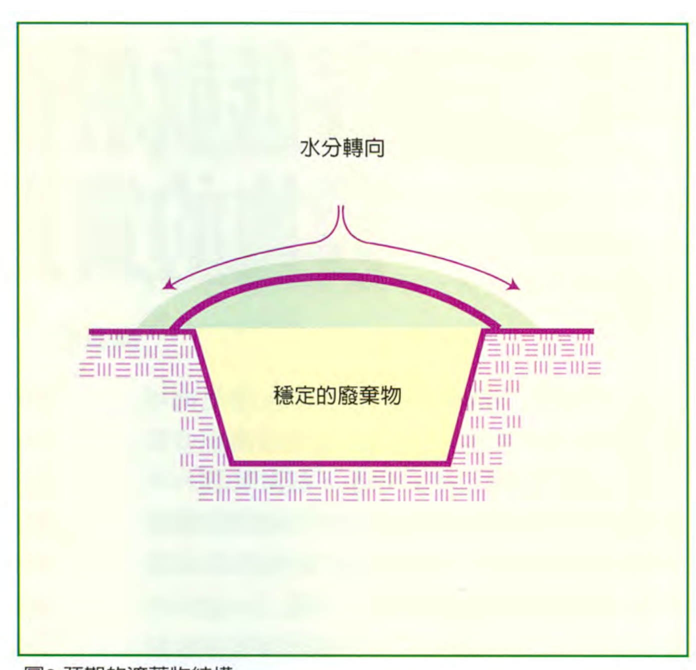


圖3.預期的遮蓋物結構

所有商業性低放射性廢棄物處置場址的廣泛監測，已經提供所有的商業性低放射性廢棄物處置場址有價值的廣泛監測，提供水文隔絕和放射性核種遷移有價值的訊息。資料分析允許場址特性、設計特徵和操作程序，確認設施維持水文隔絕和避免放射性核種的遷移能力的影響因素。

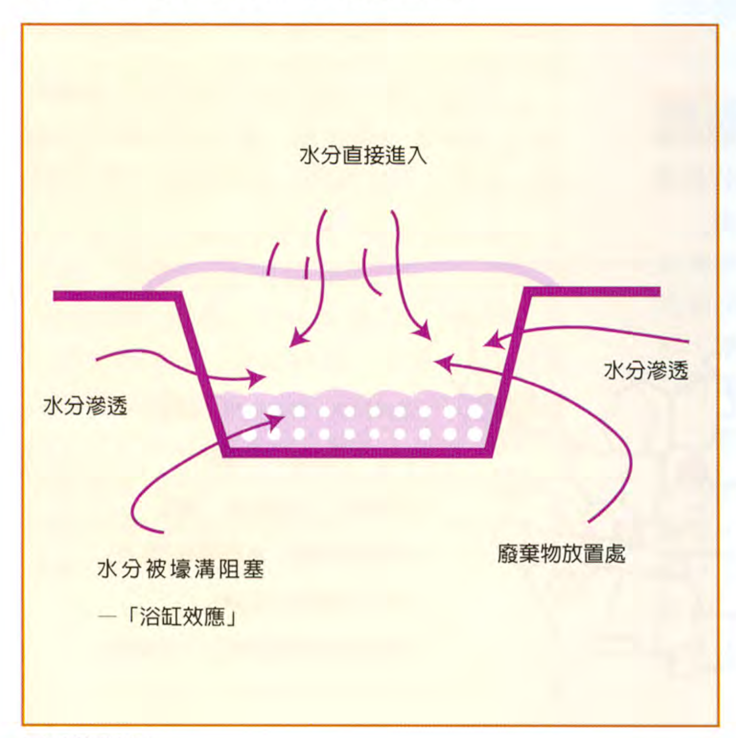


圖2.浴缸效應

影響水文隔絕的因素

在一些已關閉場址 (水文隔絕未能保持) 掩埋壕溝內的積水，是由比外部大的滲流率進入壕溝而引起的。這種現象是有名的浴缸效應 (見圖2)。重要的是因爲靜止的水於壕溝中能腐蝕廢棄物容器並帶走放射性物質。在麥克希弗萊特和西谷的場址，壕溝中的積水導致場址關閉和補救的行動。其餘4個商業性的場址則沒有出現浴缸效應，可能是

性廢棄物堆積在壕溝內，且在容器之間的空間充滿砂，以提供積水排離廢棄物的路徑。經驗：設計和操作程序對設施績效是很重要的。

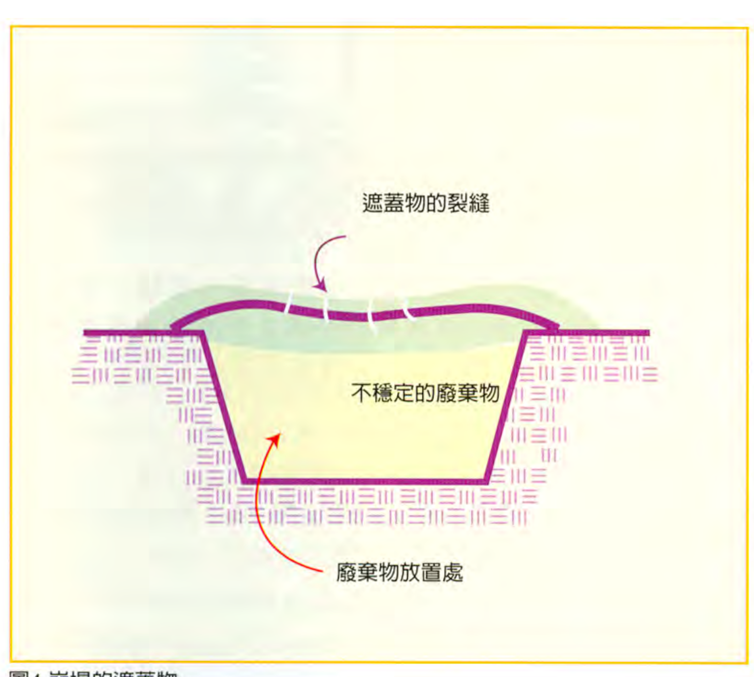


圖4.崩塌的遮蓋物

因爲沉積率不同或土壤特性的差異。

在一些已關閉的場址中，增加水進入壕溝滲透率的一項因素，是遮蓋物的沉澱或崩塌。遮蓋物是分層堆積的障壁，由黏土和其他物質所包裝，覆蓋於壕溝之上，是將改道的水從壕溝內流出的廢棄物處置（見圖3）。非常少的水能穿過遮蓋物，然而，如果遮蓋物崩塌和裂縫，水可藉著裂縫（見圖4）滲入壕溝內。一些早期設施的容器未謹慎的堆積，而且安置超過時間，引起遮蓋物移動而且破裂。經驗：把廢棄物放置成結構穩定的形式，在處置設施內小心安排廢棄物，而且將容器之間的空間填滿以避免遮蓋物下沉。

在邦威爾，將砂層放置在每個壕溝的底部，以提供廢棄物容器平坦的地基，並確定滲入壕溝內的水會排出廢棄物。壕溝牆壁裡自然產生的數層砂，以緊密的黏土替換，以減少水自周圍的土壤滲入壕溝內。低放射

影響放射性核種遷移的因素

水接觸低放射性廢棄物而且攜帶放射性核種至周圍的土壤時，可能會產生放射性核種的遷移。當粗晶粒的沉澱物，例如砂和碎石存在於周圍的土壤時，放射性核種可能比較快速的移動。來自處置壕溝的遷移已經發生在麥克希弗萊特和雪菲爾德場址。這兩個場址追蹤調查顯示出，粗晶粒沉澱物的出現比場址的初步調查發現更廣泛。經驗：在建築設施之前做完整的地質學、土壤與水分析，以確定場址的特性。

在邦威爾，放射性氫 (氚) 的遷移，已經發生在一些壕溝掩埋的廢棄物中。那些壕溝正再次被覆蓋，以延遲氚的遷移。經驗：避免水分進入壕溝，以減少放射性核種遷移。

液態形式的低放射性廢棄物處置會增加放射性核種的遷移，離開處置設施。已經發現液態的低放射性廢棄物可腐蝕且損害掩埋的容器。如果液態的廢棄物從容器中漏出，可從處置設施中移動。經驗：勿將液態的低放射性廢棄物放在處置設施內。（法規已不再許可液態形式的低放射性廢棄物的處置）。



有關操作程序的其他經驗

其他學習到的是有關操作程序的經驗，可改良工作人員的安全。可議的場址管理和麥克希弗萊特場址關閉前的處置施行造成地表的污染，有來自廢棄物意外漏出，在傾斜的場址上直接處置污染液體，以及藉著泥土移動設備來散布壕溝的液體。在貝蒂，職員移走水泥混合器與場址內視同放射性廢棄物的其他工具，而且將它們使用在地方上的建築計畫。經驗：有力的品質保證規劃、職員訓練和管制監督是必要的。

在貝蒂場址的操作員發展中立第三者檢驗系統，所有從產生處運送到貝蒂的廢棄物，必需獲得使用處置場址的許可。在承包商引導的檢驗系統之下引導到那州，在初步的現場稽核執行之後發出許可證。這個稽核是確認產生處遵循聯邦和州的規定與處置設施的許可要求。檢驗的承包商也執行追蹤和產生處的抽查稽核。每一事件罰款最高至美金2萬元。違反許可證規定時，可中止許可證，並且施行違法的刑罰。經驗：稽核和定期的視察有助於確定廢棄物到達處置場址時是可接受的內容和形式。

其他資料

※ Edward .L Gershey et. al.，Van Nostrand Reinhold，1990。

※ Robert E. Berlin and Katherine C. Stanton，John Wiley & Sons，1989。

（本文作者：Audeen W. Fentiman博士是俄亥俄州立大學核子工程學助理教授。Jeffery A. Henkel是核子工程學研究所副研究員。Joyce E. Meredith是俄亥俄州立大學推廣部研究所副研究員。）



瑞典低放射性廢棄物最終處置場

從「核四廠土木結構施工品質專案視察」談起

郭纘強

行政院原子能委員會爲了確保核四廠的施工品質，對於會裡短缺的專業，聘請外界專家學者，會同於2003年11月13日前往核四工地，執行土木結構施工品質專案視察。在視察會議裡，有一位代表「非核家園」的資深核工專家，諮詢核四施工品管作業沒有第三者參與的正確性，建議依照核一、二、三廠施工做法，聘請Bechtel或EBASCO參加施工品管作業。筆者聞之，心中產生層層感觸，覺得有義務把自已對相關問題的經驗與認知，具文說明報導。

筆者的第一個感觸是，國內一些工程人員，即便是曾在國外留學工作過的資深人員，或許是學校相關課程的缺欠，或許是工作經驗過於專偏，以至於對工程管理、品質保證（品保）及品質管制（品管）的認知，可能不夠完整和正確。

早年（30年前）國內的工程規模較小，內容比較單純。一般的作法（Conventional Approach, CA）是業主籌集資金預算，由自己的工程人員或請建築師設計，然後招標發包給營造廠施工，對於施工品質的控制，一般是由自己人或建築師作重點監造而已。對於簡單的工程，即便到了今天，這個方式還是可以適用。但是，隨著需求及時代進步，就像是現今金融市場有各式各類的產品，現今的工程常常規模巨大、內容複雜，工程的安排管理也有各種不同的形式。

從工程的籌資、運作及擁有權來區分，除了以前的一般作法外，近幾年常聽到的有「建造-移轉」（Built-Transfer, BT），或「建造-營運-移轉」（Built-Operation-Transfer, BOT）。主要是在政府預算短缺時，用來鼓勵民間財團投資進行公共建設。其次談到工程本身的執行分工，基本上分成三個階段性質，也就是：規劃設計、採購製造和建造安裝。可以各別分開發包委託處理，或是組合交辦。三項都合在一起，就是常聽到的EPC（Engineering-Procurement-Construction）。如果工程建好，經過試車運轉後交予業主，就是所謂的「交鑰匙統包」（Turn-Key Lump-Sum）工程。至於從合約計價而言，有「總價決標-實做實算」、「總價承包」（Lump-Sum）、「按實計價加上限」（Time & Material w/ Ceiling）或「按成本加成」（Cost-Plus）。另外，顧問公司在大的工程裡，除了提供規劃設計之外，也常協助或代替業主執行「採購服務」（Procurement Service, PS），「委辦監造」（Construction Supervision, CS），「建造管理」（Construction Management, CM），甚至於「專案管理」（Project Management, PM）。顧問公司（Architect-Engineer, AE）通常不承包設備採購及建造工作，這是爲了避免球員兼裁判之嫌。同樣地，營造廠也不做工程本體的設計及顧問服務。但是，有些工程的土建機電界面複雜，爲了統一權責，縮減工期，常有採用EPC Turn-Key方式，交予工程公司（Engineer-Constructor, EC）承包。再大的工程公司，通常也沒有能力把EPC工作



完全自辦，他們要尋找適合的次承包商配合，並為其產品及服務負責。

以前在學校時，老師從來沒有教過什麼品管或品保。這是一、二十年來國內產業界昇級之後，為提高品質並配合國際要求所引進的制度。後來不但是產業界，甚至於服務業或政府機構都加以引用，最常見的如「國際標準組織」的ISO-9000認證的品保制度。至於品管則是品保制度的執行，是對於設計、採購、文件、標識、製程、試驗、量測、檢驗…等的品質管制手段。其實核能電廠是品保制度的先驅，早在六十年代，美國原子能管制委員會（NRC）就有嚴謹的要求，像是Regulatory Guides, Code of Federal Regulation (10CFR50) 的品保18條要求，以及工業界ANSI/ASME NQA、N45等要求。

對於核能系統及構件，又有區分為安全有關（Safety S-Class）、非安全有關(General G-Class)。從地震的考量，則分成地震安全一級（Seismic Class I）、地震安全二級（Seismic Class II ABC）…等。核四廠基本上都依照美國核能電廠的品質要求，甚至於更嚴。譬如為了強化電廠運轉的可靠性，又加上了所謂「可靠等級」(R-Class)，而成了三級品保等級（S、R、G-Class)。而在品保品管的執行上，除了承包商、經辦課及品質課做自主檢驗、經常性檢驗查證及重點檢驗查證的三級品管之外，尚有相關核安處，核火工處及駐工地品保小組，甚至於經濟部及原能會的各類查核。

常聽核四廠承包商抱怨品管規定過於繁雜，一個工人做工有好幾個人不斷地督察，工作不好做，進度及成本無法控制。「非核家園」建議台電再聘Bechtel等參加品質工作，眞不曉得要如何參加？因為承包商的自主檢驗，包括設計、製造及施工承包商，必須在合約規定下執行，經辦課、品質課及台電本身品保的工作也不能取代。充其量只能在經濟部及原能會之外，再加一個外國顧問團查核。如果這樣，豈不是對原能會已有的「定期視察」、「專業團體視察」及「長期駐廠視察」的不信任嗎？

筆者的第二個感觸是，台電及核四廠工程工作團隊的努力沒受到感激和尊重。核四廠從1980年前後就開始作規劃、環境影響調查評估、招聘工程顧問及工地準備等前置作業。四分之一個世紀過去了，核四還是走走停停，尚待完成或再停建。台電曾經規劃聘請外國公司作總顧問，協助將核四工程以EPC總價發包。但是，標價遠高於預算底價而流標。後來台電改弦易張，核能工作團隊扛起肩膀，自已負責做專案管理、採購發包及施工管理等工作，把其他各項工作分別組合發包，核四工程才得以進行。雖然核四工程的工期及成本管控至今並不理想，其原因很多，執政黨和現今政府的反對有很大影響。近一、二十年以來，政府機構、包括產業及工程單位，趨向於只要做行政工作，而將各層次工程的辛苦工作發包委託外界辦理。這有點仿效美國各級政府的作法，其利弊如何？台灣的條件是否合適？讀者可以自行判斷。

台電在1970年代密集地興建了核一、二及三廠。因為人力經驗的欠缺，所以採用Cost Plus方式，聘請EBASCO及Bechtel當全案顧問工程AE，除了做規劃、設計、界面協調處理及測試運轉外，還全面協助台電執行境外採購、建造管理及專案的時程、成本

及品質控管。三個核能電廠做了下來，台電累積了許多可貴的工程管理、施工及運轉的經驗與人才。當年參與的人員，至今尚未退休的多已年過半百，為了核四工程，他們聚集起來辛苦地打拚努力，所以對於所有核技處、核火工處及龍門施工處的台電團隊，我們應該給予感激和尊重。但是，看看近來許許多多反核團體、非核家園的政治人物，不斷地打壓、操弄核四議題，其態度囂張無禮、言之無物、強辭奪理，而台電工作人員經常倍受委曲，卻戰戰兢兢地窮於應付，看在筆者眼裡，心中不勝唏噓。

筆者的第三個感觸是政府能源政策的改變，前後不一致且不合理。核四廠第一次緩建是經濟部趙耀東部長的決定，好像當時的主要原因是備用電力容量的比率過大。這個說辭是可以接受的。但是筆者所看到的是核四緩建之後十多年，政府大開汽電共生之門，讓許多產業界紛紛興建汽電廠，每年大賺台電和用戶的錢。然後，台電和民間電廠（IPP）又陸續改建和興建許多天然氣渦輪發電廠，甚至要將之當成中基載電廠使用。這些政策看起來是矛盾的。

我們知道台灣是個自產能源非常匱乏的國家，我們也知道電力能源的配比，必須考慮經濟、環保、可靠及安全性。據說台電近年四分之三的盈餘是靠既有核能電廠日夜不斷地運轉而來。如果要貫徹「非核家園」政策，核四廠幾千億的損失不說，現有核能電廠停止運轉，改採天然氣發電，電價至少要漲幾成。對國家經濟的衝擊，對社會百姓的負擔，可想而知是難以忍受。

再從環境影響的觀點而言，以石油、煤碳及天然氣取代核能，所增加的二氧化碳排放，及對環境生態的衝擊也是難以忍受的。而且從上次京都國際環保會議後，各國承諾要維持及減少二氧化碳排放量。我們不是簽約國，照說不必遵守，但需冒將來被各方面抵制的風險。美國總統小布希可以短期不遵守京都公約要求，可是，台灣經得起世界各國因此施加的經濟制裁嗎？

核發電因爲燃料體積數量相對很少，卻可長期持續發電，所以被稱爲「準自產」能源，是比較安全可靠的。反觀石油、煤碳和天然氣都要經常地從國外大量輸入，其貯運設施及周轉成本負擔重大，安全存量有限。據說台電前兩個月因爲天然氣存量見底，差一點要全面限電停電。所以說，如果徹底執行「非核家園」政策，老百姓要有準備，萬一石化燃料進口不足或遭封鎖時，我們就要回到50年前，靠水力發電過著燈光昏暗而且經常停電的日子了。

筆者的第四個感觸是，知識分子乃有關官員的氣節。中國自古各朝設有言官，對於皇帝或大官的不當政策，甘冒被貶或殺頭之險，常能勇於諫言。反觀今日在台灣，大部分官員換了位置就換了腦袋。事務官都成了政務官，沒有立場和風範。許多自稱知識份子的學術界人士，爲了自身利益，不是成爲執政者的打手，就是選擇緘默。而所謂第四權的新聞媒體，大部分只從收視率的考量，儘選一些沒有營養，但可以聳動觀眾的議題報導，置國家社會向下沉淪而不顧，實在都讓人傷心氣餒。

筆者的第五個，第六個，第七個…感觸是…

（本文作者爲財團法人核能資訊中心董事長）



核四必須公投嗎？

濮勵志

最近據報載核四存廢將訴之公投，卻又是諮詢式不做最後定奪，無論正反兩面任何一方獲勝，既未解決爭論，又生無盡困擾，不知為何如此費事？筆者從事核電三十餘年，大部分時間在國外工作，參與國內諮詢服務也前後二十餘年，正反兩面理由聽得多了，且涉及政治立場及意識型態，在此不再重覆，也無法改變預設立場人士，只把國外最近核能電廠發展趨勢，報導一、二，供大家第一次行使公投權時，參考定奪。

最近瑞士公投兩項議題，其一是要不要將現有禁建核能電廠的規定，延長增加10年，其二是要不要把現有5座電廠逐步除役。結果第一案遭60%選民拒絕，第二案則達67%，拒絕的百分比更高。此二議題與我們的情形很類似，瑞士電力結構，核能占40%。核能比例、國民教育程度及人民平均收入，皆高於我國，結果以如此高的比例反對「非核」，值得深思。

其次，核能電廠該提前除役呢，還是延長使用？當初設計建造時，因經營數據不足，歐日一般要求每10年安全檢查一次，而美國則預設使用年限為40年。當初預設40年，大體是以反應器不銹鋼材料經中子長期照射，其延展度(Ductility)會減弱；又壓水式反應器的蒸氣發生器常有破漏，日漸堵塞後，不到40年即須置換，沸水式的緊急供水噴嘴，也常見裂縫須修補。但是核能機組累積運轉及大修經驗後，營運效率提高，尤其是汽機部份，當初設計都有預設擴充容量，目前加大反應器核燃料及延長運轉週期，都獲得核能管制單位核准，普遍增加輸出功率5-20%，使用年限也延伸至60年。以財務評估現有運轉電廠價值，突增數倍。以筆者本人以前工作的GPU公司為例，GPU公司當局於1999年看衰核電，認為是一個累贅，以1、2千萬美元的價錢賣掉兩座電廠（按帳面值各為美金3、4億）。1年後核能電廠普遍獲准提升功率及延長年限，規模相近的九哩點（Nine Mile Point）核能電廠，以9億美元轉手，價格相差了50倍！

國際上可有提前除役的呢？的確有，如美國奧立崗州的綽將（Trojan）電廠，加州的沙加緬度電廠，伊里諾的濟昂（Zion）電廠等，因為績效不佳而關閉，前後約有20部機組。最可議的是紐約長島的秀崙（Shorham）電廠，全新完成後，反核人士以緊急事故時無法疏散為由，全部拆除。建廠花了50億美元，拆廠花了2億美元，都是由民眾負擔，希望我們的核四廠別走上這條路。

第三，放射性廢棄物的問題，一般人把高、中、低放射性廢棄物混為一談，聞廢色變，大呼「毒得很，近不得」。其實低放射性廢棄物如手套，防護衣等，經焚化回收輻射物，並無放射性廢棄物產生；中放射性廢棄物為過濾殘渣，經水泥或玻璃固化後裝桶，現在蘭嶼和各電貯存的就是；高放射性廢棄物是用過鈾燃料，還貯存在各電廠的燃料池裡。蘭嶼貯存場早期的放射性廢棄物



桶，經多年風雨後有部份銹蝕，可加裝新外桶嚴封，即無問題。只要有一個足球場大的空間距離，附近住民即無任何新增輻射劑量，所以並不一定要放到偏遠地區。原先放在蘭嶼，是作爲海拋的中間站，現在還放在蘭嶼，目前政府已積極規劃遷場。

既然放著數十億預算，要送到馬祖、大陸、北韓、俄國或大洋洲小國等都行不通，以我書生之見，不妨立法讓國內各縣市來投標，包括台東縣蘭嶼鄉，誰標的最低就放在誰那兒，以國家賠償法做保，如有居民證實受輻射傷害則一律國賠。如沒有一個縣市願意承擔，即追加預算，像樂透累積獎金一樣，總有一天，
某縣某鄉願意接下來。

民主政治的優點在能掃除積弊，以眾人的智慧找尋出路，不能遇事槓上，拖延無策。尤其不能以過時的邏輯，運用於當前的局勢，就像3、4年前的GPU公司當局，把值錢家當作廢料賣掉，貽笑國際。

筆者不反對公投，除了「核四」外，最好也把現有電廠「提前或延後除役」，「中放射性廢棄物搬移何處」，這三個議題，統統公投。有瑞士的例子，看看民意所歸，相信眾人的智慧，必能找出最好的法子。

（本文作者爲美國Micro Simulation 公司負責人。）

李鴻章與X光

翁寶山



倫琴於1895年底發現X光，一個新的醫學領域。開創時期，當時我國科學落後，直至1915年美國郝濟時（Paul C. Hodges）教授來中國後，開始介紹此項新的學科，算是首次在我國醫學園地中，種下第一顆放射線醫學的種苗。

據郝濟時記述：第一個中國人照X光是李鴻章。李鴻章在1895年初於中日甲午戰爭後在日本馬關簽訂和約時，為一日本浪人小山半大郎槍傷左頰，73歲的李鴻章登於暈絕於地。一年後他出使歐洲，在德國照了一張X光片子，發現有一顆存留的子彈。那時是倫琴發現X光後僅4個月。郝濟時曾在李鴻章的故鄉，安徽省慶州府（合肥）遊覽，於訪問李鴻章宗祠時還看到那張X光片。

（本文作者爲清華大學原子科學系退休教授，現爲財團法人中華民國輻射防護協會董事長。
本文取材自其著作：輻射歷史懷往，國立清華大學出版社，92年12月）



位於皮埃爾拉特（Pierrelatte）核能設施附近的蘇氏古堡（Suze-Ja-Rousse），寧靜的山城幾個世紀以來仍保有其質樸風貌；著名的葡萄酒學院即位於此地。（法國COGEMA公司提供）